

文章编号: 1671-8585(2006)01-0052-04

利用随钻资料对本布图油田本东油区 进行岩性实时识别

陈钢花, 林雅平

(中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东东营 257061)

摘要: 对大斜度井、水平井进行钻井地质导向, 首先要解决地层岩性的实时识别问题。介绍了一种基于测井相-岩性分析, 建立在随钻测量(MWD)和录井资料基础上的, 用于实时识别近钻头处地层岩性的方法。该方法利用仅有的随钻自然伽马曲线结合工程录井的钻时曲线, 应用数学统计方法, 建立起研究区的随钻资料岩性识别统计模型, 并将其应用于新疆本布图油田 2 口井的地质导向钻井中, 得到了较准确的岩性剖面, 表明该方法是有效的, 且简单易行。

关键词: 地层岩性; 实时; 大斜度井; 水平井; 随钻测量; 地质导向

中图分类号: P631.445

文献标识码: A

随钻测井是近 10 多年来发展起来的一项新技术。目前, 国外的随钻测井技术已经可以同时进行电阻率、中子-密度、声波、自然伽马等的测量^[1], 同时随钻成像测井和随钻核磁共振测井也得到一定的运用^[2]; 而在国内, 由于技术和资金的原因, 油田公司一般只测量一条自然伽马曲线, 数据资料很少, 要直接用于随钻地层岩性实时识别有很大的困难。基于这种现状, 本文应用录井资料, 充分利用已有数据, 从测井相分析出发, 总结出一种直接利用随钻资料、录井资料以及统计分析等技术, 进行随钻地层岩性实时识别的方法。本次研究就是利用测井相-岩性解释方法对本布图油田本东油区进行随钻岩性实时识别。

1 随钻岩性识别测井

随钻资料包括随钻测井资料和随钻录井资料。在随钻测井资料中, 自然伽马可以确定地层岩性和地层界面, 电阻率可以用于区分油、气、水层及致密层等, 声波可以用于判断地层的孔隙度、岩石的力学性质等, 若三者结合, 就可以实时跟踪随钻目标层。随钻录井资料包括地质录井资料和工程录井资料。地质录井中的岩屑由于被钻头磨得过碎而难以识别, 且常常滞后一段时间, 不能真正地实时识别岩性。工程录井中钻时除了受到岩性的影响外, 还受到钻头类型、钻压、转速、泥浆密度和粘度等因素的影响^[3,4], 因而也不能很好地用来识别岩性。在本次研究中, 随钻测井只有一条自然伽马曲线, 录井也只有钻时曲线。考虑到上述因素及油区工程的实际情况, 把与岩性关系密切的随钻自然伽

马(GR)曲线和钻时(DT)曲线, 作为随钻岩性实时识别时测井相分析的特征参数。

2 随钻资料的标准化

由于测井公司、仪器、仪器刻度标定、人员和测量速度等因素的不同, 同一口井的测井曲线也会存在差异, 为了提高随钻岩性实时识别的准确性, 必须对随钻资料进行标准化。在对自然伽马进行标准化前, 必须选择关键井。新疆本布图油田本东油区开发程度很低, 目前只有 3 口井可以利用。研究发现, TU3 井测井井段较长, 岩性较全, 在 J1s-Jb 井段井径垮塌不严重或基本不扩径, 具有厚度较大的砂泥组合地层, 并且在整个油区分布稳定, 可以作为砂岩和泥岩的岩性样本标准层, 所以选择 TU3 井为关键井。因为随钻测井只测一条自然伽马曲线, 所以就以自然伽马为例进行标准化处理。以关键井 TU3 井标准层的自然伽马直方图为准, 采用交会图技术^[5], 对其他井的自然伽马进行标准化处理。TU3 井砂泥组合层段的自然伽马曲线频率分布直方图(最小值为 40 API, 最大值为 180 API), 有 2 个峰值, 分别对应地层中的砂层(80 API)和泥岩层(140 API); TU301 井和 TU8 井对应标准层段的自然伽马曲线频率分布直方图(最小值为 40 API, 最大值为 180 API)的 2 个峰

收稿日期: 2005-07-22; 改回日期: 2005-08-08。

第一作者简介: 陈钢花(1963—), 女, 教授, 1988 年毕业于石油大学(北京)应用地球物理专业获硕士学位, 中国科学院博士在读, 主要从事测井资料数据处理与综合解释方面的教学与科研工作。

值,分别对应砂层(80 API)和泥岩层(140 API),很明显与 TU3 井对应关系较好,不必进行标准化处理;但 TU302 井自然伽马直方图与 TU3 井对应关系不好(最小值为 40 API,最大值为140 API),必须对自然伽马进行标准化处理,在原始测量值的基础上,加 15~20API,以满足本地区的自然伽马值特征^[6],如图 1 所示,这样就完成了测井数据的标准化。对钻时曲线用同样的方法进行处理,数据标准化后,就可以进行后续的处理工作了。

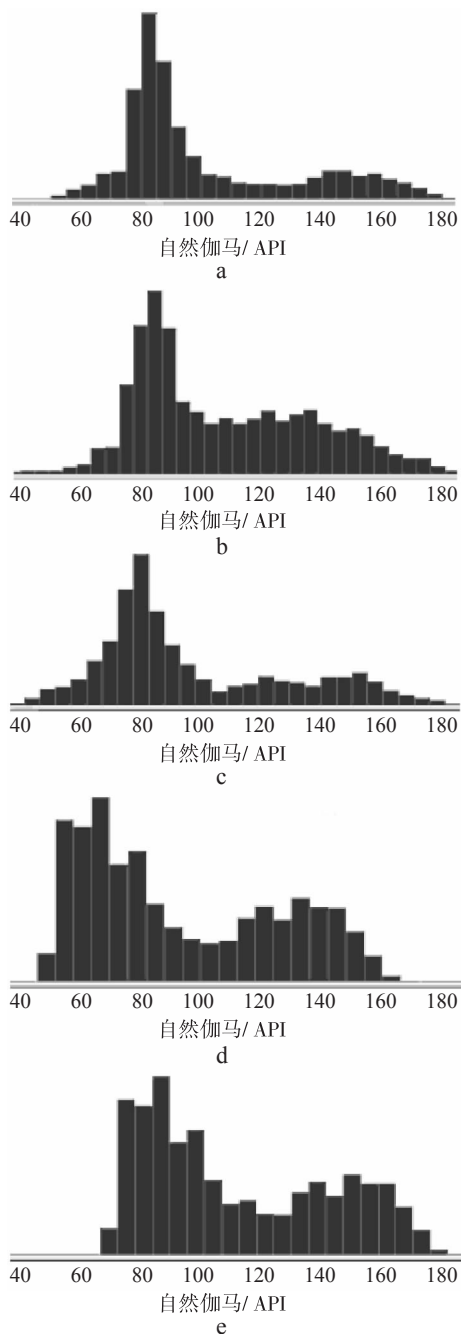


图 1 各井的 GR 直方图

a TU3 井; b TU8 井; c TU301 井;

d TU302 井校正前; e TU302 井校正后

3 测井相-岩性解释原理

一般情况下,同一沉积环境中某类岩性的地层具有一组特定的测井参数(包括测井响应值和从测井资料提取与岩性有关的信息),反之,该类测井参数值对应同一类岩性地层的概率也是很大的。因此,可用测井资料将整个钻井剖面的地层划分为若干具有地质意义的测井相。测井相分析的基本原理是^[5]:先根据有较多取心或录井资料的关键井中已知岩性地层的测井参数,应用一套数学分类准则,将各组测井参数划分为具有地质意义的测井相;再通过与岩心等资料的详细对比,确定每种测井相的岩性类型,建立本地区的测井相-岩性数据库;最后根据所用的数学分类准则及测井相-岩性数据库,对关键井及绝大多数未取心井进行连续逐层的测井相分析,识别每层的岩性,最终获得这些井剖面所有地层的岩性。

4 测井相-岩性解释实现步骤

4.1 选取模型井

在进行测井相-岩性解释之前,应选择岩性较全,测井曲线质量好,有取心或录井资料的井作为模型井。由于井很少,根据本地区实际地质概况和随钻数据情况,本文选用 TU3 井的数据建立测井相-岩性解释模型。

4.2 测井曲线的自动分层与特征参数的计算

测井相分析是按层来划分测井相类型与识别岩性的,故需用测井曲线把整个井剖面划分为许多小层,每层具有相同的特性^[7,8],这既可减小层内非均质与非地层因素影响,又可大大减少数据量,节省计算机内存与计算时间。分层的同时提取反映岩性特征的测井参数。

4.3 随钻数据归一化处理

各随钻参数量纲不同,其数值差别很大,不能将它们放在一起计算。为了减少不同随钻数据量纲对数据分析的影响,对随钻数据进行了归一化处理,按照下式进行

$$Z = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 100$$

式中, Z 为归一化后的随钻数据; X 为原始随钻数据; X_{\max} , X_{\min} 分别为不同随钻数据的最大值和最小值。

4.4 划分测井相

根据对取心井的自然分层结果,选取厚度较

大、井眼较好、测井质量高并包括各类岩性的地层作标准样本层,采用主成份分析与聚类分析相结合的方法来划分标准样本层的测井相。

本文将所用到的随钻数据按照自然伽马曲线通过层内差异法进行分层,针对各个样本层,得到所有随钻参数(自然伽马和钻时)。然后对这些参数进行主成份分析,根据各样本层之间的相似性采用聚类分析法对样本层数据进行分类^[8],并从中选出 294 个样本层作为标准样本层,分成 20 类,分别对应于不同的测井相,即共有 20 个测井相。

4.5 建立测井相-岩性数据库

通过对所划分的各种测井相与岩心资料的详

细对比分析^[5],并考虑地层与测井特征的关系,可建立研究区的测井相与岩性对应模式,给每个测井相以相应的岩性名称及简要的性质描述,并将它们全部存入数据库,从而建立本地区的测井相-岩性数据库。

由于同类岩性的地层孔隙性、渗透性、流体性质等参数存在差别,同类岩性可能出现多种测井响应,因此测井相类型一般多于岩性种类。在本研究区中,根据录井资料以及相关部分井段的测井解释结果,将该地区岩性分成 5 种类型:泥岩,粉砂质泥岩,煤、碳质泥,中砂岩,粗砂岩,划分了 20 类测井相,对应关系见表 1。

表 1 测井相-岩性对应关系表

测井相	DT			GR			岩性
	MAX	MIN	AVE	MAX	MIN	AVE	
1	66.368 94	61.981 25	64.253 05	22.079 33	18.756 30	20.013 92	泥岩
2	57.566 40	54.821 67	55.813 77	55.899 22	52.535 34	53.615 46	
3	53.919 80	44.691 72	50.001 57	65.028 01	53.892 89	58.604 19	
4	60.052 05	52.108 42	56.077 35	69.507 47	60.231 27	65.203 34	
5	67.404 05	62.423 22	64.617 03	52.736 32	36.764 37	44.821 34	
6	86.050 32	77.862 51	82.966 68	77.480 38	42.922 80	59.998 25	
7	67.892 37	62.602 73	64.309 61	71.618 29	61.095 36	64.935 01	
8	67.813 80	61.070 62	63.311 05	78.006 22	68.695 64	73.722 85	
9	78.880 01	68.431 02	73.767 47	74.229 55	60.481 00	68.458 18	
10	80.990 82	71.558 29	76.009 35	93.334 14	76.358 69	82.707 93	
11	69.208 67	61.193 42	64.576 37	97.992 32	79.716 09	86.549 74	
12	59.414 28	57.468 66	58.204 23	44.737 20	41.117 05	42.975 43	粉砂质泥岩
13	60.136 55	57.161 66	56.851 41	42.026 10	35.665 50	38.684 95	
14	54.672 00	51.398 70	53.374 41	2.757 09	1.879 19	2.213 303	煤、碳质泥
15	41.170 47	36.721 94	39.831 72	13.510 62	0.650 42	5.943 728	
16	56.525 50	55.355 68	56.147 08	49.665 02	43.366 80	46.000 75	中砂岩
17	54.177 04	50.916 39	52.631 48	50.458 59	44.853 91	46.696 24	
18	55.278 78	51.056 31	53.176 70	38.004 41	32.876 31	35.970 47	
19	54.625 57	40.365 38	48.666 71	44.115 94	28.932 16	38.255 46	
20	83.272 60	73.059 00	78.186 19	40.797 65	21.328 09	30.460 32	

建立好测井相-岩性对应关系模型后,就可以利用这个模型对随钻数据进行自动连续处理,进而得到处理井段的岩性剖面。为检验模型的正确性,首先利用建立的模型对所有的标准样本层进行处理,得到如下处理结果:294 个样本层中,误判样本 24 个,正确率达到 91.8%,其中错判的样本均为厚度很小的薄层,并且错判样本的可靠性均低于 50%,说明对标准样本层划分的测井相是合理的,所建立的判别模型具有较好的效果。

5 实际数据处理

进行岩性实时识别的井必须具有自然伽马曲

线和钻时曲线,并按照关键井的频率直方图对它们进行标准化处理。在实际处理过程中,由于钻井钻时曲线质量较差,存在数量级的差异,且在标准层没有稳定的表现,因此在对钻时曲线标准化的同时,还要对其进行对数化处理(按照实际情况而定)。我们处理了 2 口邻井,得到了相应的岩性剖面。以 TU8 井为例,在测深 2 790~3 250 m 的井段中,岩性对比关系较好,特别是在导向标志层中,实时识别的岩性与录井情况有很好的一致性,例如在测深 3 053.0~3 201.5 m 井段中泥岩导向标志层与邻井(关键井 TU3)对比,变化趋势基本相同。图 2 是 TU8 井测深 2 790~2 900 m 井段的岩性识别图,并与录井资料进行了对比(右边的岩性图是

录井得到的)。在测深 2 818.5~2 820.0 m 井段,自然伽马值较低,钻时值较高,判为粗砂岩;在 2 886~2 891 m 段,自然伽马值较高,钻时值较低,判为砂岩;在 2 892.5~2 895.0 m 段,自然伽马值较低,钻时值较高,判为泥岩。与录井资料相比,对于一些薄互层,岩性识别效果还有待提高;泥岩和煤等与录井情况对应关系较好。可以看出,随钻岩性实时识别结果与录井有很好的 consistency,达到了对地质导向的应用要求。

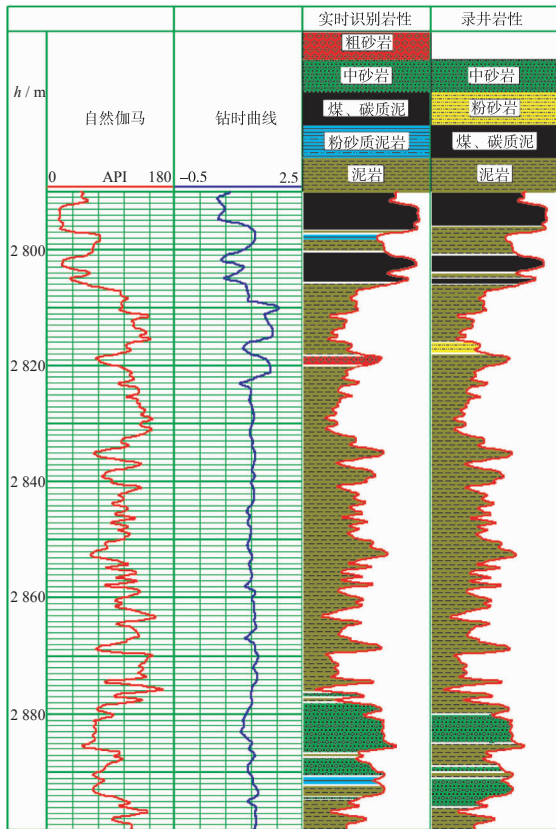


图2 TU8井测深2 790~2 900 m井段的岩性识别对比图

6 结论与建议

根据随钻测量的实际情况,文中选择了自然伽

马曲线和钻时曲线作为解释的主要参数,借助于录井的岩性关系,建立了本研究区的地层岩性随钻识别模型,通过随钻参数分析,合理划分了测井相,并建立了随钻测井相-岩性数据库。通过对处理模型井的解释岩性与录井岩性的比较,不断改进、完善解释模型,获得了合理可靠的测井相解释模型。同时,在没有其他钻井资料的情况下,合理地对待时曲线进行处理、编辑,使其更好地用于地层岩性的实时识别。

由于本地区井数目极少,对随钻测井来说,就只有自然伽马一条曲线,钻井也只是提供了一条钻时曲线,所包含的信息量相对很少,同时由于钻时曲线质量不是很好,一定程度上也影响了处理效果,特别是对薄互层的岩性识别还需进一步提高。

在以后的工作中,如在随钻测井方面提供声波、电阻率等曲线,在工程录井方面获得更多的信息(如转速、钻压、扭矩等与岩性相关的参数),可提高岩性实时识别的精度。

参 考 文 献

- 1 时鹏程,许磊. 地质导向技术的应用原则[J]. 测井与射孔,1999,15(3):42~47
- 2 张绍槐. 现代导向钻井技术的新进展及发展方向[J]. 石油学报,2003,24(3):82~85
- 3 曹正林,周丽清,王志章,等. 利用钻井参数进行随钻岩性预测[J]. 天然气工业,2000(1):48~50
- 4 张辉,高德利,李军. PDC钻头钻井时地层岩性的随钻评估方法[J]. 钻采工艺,1999,22(1):14~18
- 5 雍世和,张超谟. 测井数据处理与综合解释[M]. 东营:石油大学出版社,2002. 459~467
- 6 夏宏泉,陈平,石晓兵,等. 基于随钻资料的地层岩性实时识别方法[J]. 石油学报,2004,25(2):51~54
- 7 雍世和,陈钢花. 测井曲线自动分层[J]. 测井技术,1987,11(6):44~47
- 8 陈钢花,孙志勇,耿生臣,等. 测井曲线在济阳坳陷中生界地层划分中的应用[J]. 测井技术,2005,29(1):40~42